

PENYISIHAN LOGAM BESI (Fe) PADA AIR SUMUR DENGAN KARBON AKTIF DARI TEMPURUNG KEMIRI

Nunik Prabarini dan DG Okayadnya

Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jatim

ABSTRAK

Arang aktif dapat dibuat dari tempurung kemiri yang ada saat ini masih berupa limbah. Pengolahan tempurung kemiri sebagai arang aktif adalah salah satu cara mudah untuk menambah nilai ekonomis. Arang aktif dibuat dengan proses karbonisasi suhu tinggi didalam furnace. Arang hasil karbonisasi tersebut kemudian diaktifkan dengan asam kuat, setelah itu dianalisis daya serap arang aktif terhadap penyisihan Fe yang terkandung dalam air sumur.

Kualitas arang aktif tergantung pada proses karbonisasi dan proses aktivasi. Dalam penelitian ini aktivator yang dipakai adalah H_2SO_4 dengan konsentrasi 1, 3, 5, 7, dan 9% dan waktu perendaman 8, 12, 16, 20, dan 24 jam. Penelitian ini dapat disimpulkan bahwa hasil terbaik yaitu pada suhu karbonisasi $400^{\circ}C$ selama 1 jam, waktu perendaman 24 jam dan konsentrasi aktivator 9%, menghasilkan penyerapan terbaik logam Fe pada air sumur sebesar 91,38%.

Kata kunci : Tempurung Kemiri, arang aktif, Adsorpsi, Logam Fe

ABSTRACT

Active charcoal can be made from candlenut shell, which at this time is still in the form of waste. Candlenut shell processing as active charcoal is one of the easy ways to add economic value. Active charcoal is made with the process of carbonization at low temperature in a furnace. Charcoal from the pyrolysis is then activated with strong acid, after which the active charcoal's ability to absorb Fe in well water is analyzed.

Active charcoal quality depends on the carbonization process and the activation process. In this research, the activator used is H_2SO_4 with concentrations of 1, 3, 5, 7, and 9% and soaking times of 8, 12, 16, 20, and 24 hours. Research can be concluded that the best result is at a carbonization temperature of $400^{\circ}C$ for 1 hour, a soaking time of 24 hours, and a 9% concentration, resulting in the best adsorption of Fe in well water of 91.38%.

Keyword : candlenut shell, active charcoal, adsorption, iron concentration

PENDAHULUAN

Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 416/Menkes/Per/IX/1990 yang mengatur tentang syarat-syarat dan pengawasankualitas air bersih yang menunjukkan suatu air bersih telah memenuhi persyaratan kesehatan. Untuk logam besi mempunyai standar baku mutu 1,0 mg/l. Apabila kadar logam berat itu melebihi baku mutu, maka air bersih tersebut tidak memenuhi syarat dan harus dilakukan pengolahan sebelum dipakai untuk keperluan sehari-hari terutama untuk dikonsumsi.

Karbon aktif merupakan salah satu bahan alternative yang digunakan untuk mengurangi kadar logam besi dan mangan pada air. Karbon aktif atau sering juga disebut sebagai arang aktif adalah suatu jenis karbon yang memiliki luas permukaan yang sangat besar. Hal ini bias dicapai dengan mengaktifkan karbon atau arang tersebut. Hanya dengan satu gram dari karbon aktif, akan didapatkan suatu material yang memiliki luas permukaan kira-kira sebesar 500 m² (didapat dari pengukuran adsorpsi gas nitrogen). Biasanya pengaktifan hanya bertujuan untuk memperbesar luas permukaannya saja, namun beberapa usaha juga berkaitan dengan meningkatkan beberapa usaha juga berkaitan dengan meningkatkan kemampuan adsorpsi karbon aktif itu sendiri sehingga mampu menyerap sejumlah pengotor dalam air. Karbon aktif biasa dibuat dari tongkol jagung, ampas penggilingan tebu, ampas pembuatan kertas, tempurung kelapa, sabut kelapa, sekam padi, serbuk gergaji, kayu keras, dan batu bara.

Dalam penelitian ini akan dilakukan tempurung kemiri menjadi karbon aktif dan diuji untuk menurunkan kadar besi (Fe) dalam air

sumur, dimana tempurung kemiri yang sebelumnya terbangun dan sedikit dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif. Dari penelitian sebelumnya diketahui bahwa prosentase masa buah kemiri menjadi tempurungnya sebesar 64,57% dan tergolong sangat tinggi bila dibandingkan dengan tempurung kelapa dan tempurung kelapa sawit yang tidak lebih dari 30%. Hal ini tentunya menunjukkan bahwa tempurung kemiri memang sangat potensial untuk dijadikan bahan baku karbon aktif (Suhadak, 2005).

Jumlah produksi buah kemiri di Indonesia pada tahun 2002 menurut Biro Pusat Statistik adalah sebesar 1.703.362 Kg (BPS). Untuk mengatasi peningkatan produksi sampah karena keterbatasan lahan tempat pembuangan akhir (TPA), maka upaya yang dikembangkan untuk mengolah beberapa hasil samping seperti tempurung kemiri agar dapat diolah menjadi produk yang memiliki nilai ekonomi yang tinggi, seperti tempurung kemiri yang sangat potensial untuk diolah menjadi arang aktif.

Kandungan besi (Fe) sebagai parameter uji kemampuan adsorpsi karbon aktif tempurung kemiri dalam air sumur ini karena sifat besi yang merupakan logam berat yang cukup mengganggu sebagai air bersih.

TUJUAN PENELITIAN

Sesuai dengan permasalahan diatas maka tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Membuat karbon aktif dari tempurung kemiri sehingga lebih bernilai ekonomis
2. Mengetahui konsentrasi aktivator dan waktu perendaman terhadap mutu arang aktif yang dihasilkan dalam proses pembakaran

3. Mengetahui kemampuan karbon aktif tempurung kemiri dalam menurunkan logam besi yang terkandung dalam air sumur

LANDASAN TEORI

Kemiri (*Aleurites Moluccana*)

Kemiri adalah salah satu komoditi yang banyak ditanam di Indonesia dengan perkembangannya demikian pesat. Tumbuhan kemiri hidup di daerah tropis dan subtropik sehingga dapat ditanam di tanah rendah maupun pegunungan, baik yang subur maupun tanah yang kurang subur. Tinggi batang dari pohon kemiri ini bisa mencapai 1 meter. Batang tumbuhan ini mempunyai kulit luar berwarna kelabu serta beralur tetapi dangkal dan tidak mengelupas. Tanaman kemiri ini juga rata-rata berdiameter 1,5-2 cm. Pada usia 3,5-4 tahun tanaman kemiri sudah mulai berbuah dan pada saat usia 5 tahun, produksi kemiri rata-rata tiap pohonnya sebesar 400 kg/pohon.tahun (Anonim, 2012).

Kemiri merupakan bahan makanan yang mempunyai nilai gizi yang tinggi yaitu kalori 363 kal, protein 19 g, lemak 63 g, karbohidrat 8 g, kalsium 80 mg, fosfor 200 mg, besi 2 mg, vitamin B1 0,06 mg dan air 7 g (Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI-1998)

Kemiri bisa juga diambil minyaknya dan digunakan sebagai minyak rambut dan minyak lampu. Minyak kemiri kurang baik untuk minyak goreng karena mengandung racun yang memabukkan dan rasanya tidak se enak minyak kelapa. Ampas dan kemiri yang telah diambil minyaknya mengandung 8,86 nitrogen, 1, 67% photash, 1,02% phosphorus, yang baik untuk pupuk tumbuh-tumbuhan (Atjung, 1981)

Karakteristik tempurung kemiri adalah mempunyai sifat yang sangat

keras dengan permukaan yang kasar dan beralur. Tempurung ini sangat cocok untuk dijadikan bahan baku dari karbon aktif karena memiliki kandungan selulose, hemiselulose, dan lignin.

Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan senyawa amorf yang dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau arang yang diperlakukan secara khusus untuk mendapatkan daya adsorpsi yang tinggi. Karbon aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan. Daya jerap karbon aktif sangat besar, yaitu 25- 1000% terhadap berat karbon aktif. (Darmawan, A.D. 2008)

Karbon aktif dapat dibagi menjadi dua tipe yaitu:

1. Karbon aktif sebagai pemucat
Biasanya berbentuk powder yang halus dengan diameter pori 1000\AA , digunakan dalam fase cair dan berfungsi untuk memindahkan zat-zat pengganggu.
2. Karbon aktif sebagai penyerap uap
Biasanya berbentuk granular atau pelet yang sangat keras, diameter porinya $10-200\text{\AA}$, umumnya digunakan pada fase gas, berfungsi untuk pengembalian pelarut, katalis, dan pemurnian gas. (Sembiring et al, 2003)

Gugus fungsi dapat terbentuk pada karbon aktif ketika dilakukan aktivasi, yang disebabkan terjadinya interaksi radikal bebas pada permukaan karbon dengan atom-atom seperti oksigen dan nitrogen, yang berasal dari proses pengolahan ataupun atmosfer. Gugus fungsi ini menyebabkan permukaan karbon aktif menjadi reaktif secara kimiawi dan mempengaruhi sifat adsorpsinya. Oksidasi permukaan dalam produksi karbon aktif, akan

menghasilkan gugus hidroksil, karbonil, dan karboksilat yang memberikan sifat amfoter pada karbon, sehingga karbon aktif dapat bersifat sebagai asam maupun basa. (Sudirjo, E. 2006)

Proses Pembuatan Karbon Aktif

Proses pembuatan karbon aktif dibagi menjadi dua tahapan utama, yaitu proses karbonisasi dan proses aktivasi.

1. Karbonisasi

Karbonisasi adalah suatu proses dimana unsur-unsur oksigen dan hidrogen dihilangkan dari karbon dan akan menghasilkan rangka karbon yang memiliki struktur tertentu. Hesseler berpendapat bahwa untuk menghasilkan arang yang sesuai untuk dijadikan karbon aktif, karbonisasi dilakukan pada temperatur lebih dari 600⁰C akan tetapi hal itu juga tergantung pada bahan dasar dan metoda yang digunakan pada aktivasi. Saat karbonisasi terjadi beberapa tahap yang meliputi penghilangan air atau dehidrasi, perubahan bahan organik menjadi unsur karbon dan dekomposisi tar sehingga pori-pori karbon menjadi lebih besar. Pada suhu pemanasan sampai 170⁰C terjadi penghilangan air, pada suhu sekitar 275⁰C terjadi dekomposisi karbon dan terbentuk hasil seperti tar, methanol, fenol dan lain-lain. Hampir 80% unsur karbon yang diperoleh pada suhu 400-600⁰ C (Serrano et all, 1996).

2. Aktivasi

Tujuan utama dari proses aktivasi adalah menambah atau mengembangkan volume pori dan memperbesar diameter pori yang telah terbentuk pada proses karbonisasi serta untuk membuat beberapa pori baru. Adanya interaksi antara zat pengaktivasi dengan struktur atom-atom karbon

hasil karbonisasi adalah mekanisme dari proses aktivasi. Selama aktivasi, karbon dibakar pada suasana oksidasi yang akan menambah jumlah atau volume pori dan luas permukaan produk melalui proses eliminasi atau penghilangan volatil produk pirolisis.

Aktivator dapat meningkatkan keaktifan adsorben melalui mekanisme sebagai berikut:

- Aktivator menembus celah atau pori-pori diantara pelat-pelat kristalit karbon (pada karbon aktif) yang berbentuk heksagonal dan menyebar di dalam celah atau pori-pori tersebut, sehingga terjadi pengikisan pada permukaan kristalit karbon.
- Aktivator menembus celah atau pori-pori diantara pelat-pelat kristalit karbon (pada karbon aktif)

yang berbentuk heksagonal dan menyebar di dalam celah atau pori-pori tersebut, sehingga terjadi pengikisan pada permukaan kristalit karbon.

- Menurut teori interkalasi, struktur dari suatu komposisi senyawa akan mengalami modifikasi jika disisipkan ion atau atom lain kedalam struktur tersebut. Pada aktivasi maka ion atau atom yang disisipkan adalah aktivator.
- Aktivasi dapat berupa aktivasi fisik dimana digunakan gas-gas inert seperti uap air (steam), CO₂ dan N₂. sedangkan pada aktivasi kimia, digunakan aktivator yang berperan penting untuk meningkatkan luas permukaan adsorben dengan cara menngusir senyawa non karbon dari pori-pori. (Serrano et all, 1996)

Adsorpsi

Adsorpsi adalah serangkaian proses yang terdiri atas reaksi-reaksi permukaan sat padat (adsorben) dengan

pencemar (adsorbat), baik pada fasa cair maupun gas (Slamet Agus, 2000) atau dengan kata lain peristiwa adsorpsi juga suatu fenomena permukaan, yaitu terjadinya penambahan konsentrasi komponen tertentu pada permukaan antara dua fase (Deni Swantomo et.al, 2008).

Dalam peristiwa adsorpsi dibutuhkan adsorben sebagai bahan atau zat yg sifatnya dapat menyerap zat lain sehingga menempel pada permukaannya tanpa reaksi kimia. Dalam praktek penjerapan masih terbatas pada penggunaan karbon aktif dengan alasan murah dan sebagai penjerap yang tidak selektif. Adsorben (penjerap) merupakan bahan buatan atau alami berstruktur mikrokristal yang mempunyai pori-pori besar (Budi Kamulyan).

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian : Tempurung Kemiri, Sampel air sumur, aquadest, dan Asam sulfat (H_2SO_4) dengan konsentrasi aktifator 1,3,5,7, dan 9%

Alat

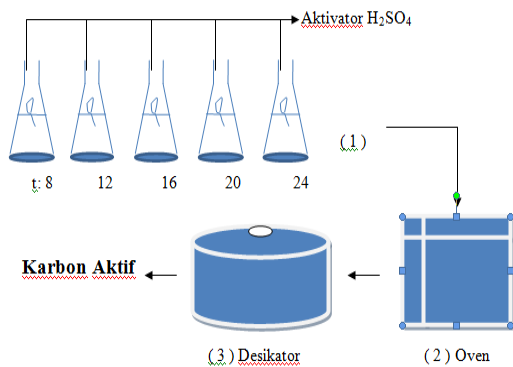
Alat yang digunakan dalam penelitian : Furnice, Penggiling, Ayakan 100 mesh, Timbangan digital, oven, desikator, Erlenmeyer 500 ml, beaker glass 1000 ml, kertas saring, jartest, corong, petri disk.

Cara Kerja

Penelitian ini dilakukan secara batch dengan cara kerja seperti disebutkan dibawah.

1. Tempurung kemiri yang telah dikumpulkan di cuci bersih lalu dijemur dibawah sinar matahari
2. Agar kandungan airnya kering maksimal maka keringkan dalam oven dengan suhu $105^{\circ}C$ selama 24 jam

3. Melakukan pembakaran tempurung kemiri dengan suhu $\pm 400^{\circ}C$ tanpa kontak dengan oksigen (O_2 yang terbatas) sampai menjadi arang yang berwarna hitam
4. Setelah arang terbentuk melakukan proses aktivasi dengan cara direndam dalam larutan H_2SO_4 dengan konsentrasi 1,3,5,7,9% dalam beaker glass selama 8,12,16,20,24 jam
5. Setelah aktivatornya dipisahkan, arang dikeringkan dalam oven dengan suhu $105^{\circ}C$ selama 3 jam
6. Masukkan dalam desikator agar suhunya stabil, setelah itu arang tersebut dicuci dengan aquadest untuk melepaskan asam
7. Kemudian keringkan (dengan cara diangin-anginkan) sampai kering dan karbon yang telah diaktivasi digerus halus dan diayak dengan ukuran 100 mesh
8. Melakukan pengujian dengan cara mengambil sampel air sumur yang sebelumnya konsentrasi Fe telah diketahui dan dimasukkan dalam 5 beaker glass masing-masing 500 ml
9. Masukkan 5 gr adsorben kedalam masing-masing beaker glass yang telah berisi sampel.
10. Kemudian diaduk dengan jartest dengan kecepatan rotary 100 rpm selama 60 menit
11. Setelah melalui proses diatas maka akan diendapkan dahulu selama beberapa menit.
12. Setelah diendapkan, larutan lalu di saring menggunakan kertas saring. Dituang kedalam Erlenmeyer.
13. Sampel tersebut akan di analisa kandungan logam berat dengan AAS (*atomic absorption spectroscopy*).
14. Lakukan perlakuan yang sama pada karbon aktif tempurung kelapa sebagai pembanding dalam menyisihkan logam Fe



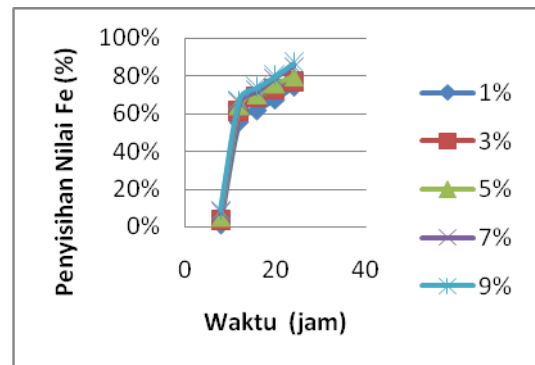
HASIL DAN PEMBAHASAN Persentase Penyisihan Pb Setelah Proses Adsorpsi

Jumlah Fe yang terkandung dalam sampel air sumur dalam analisa awal yang telah dilakukan adalah sebesar 6,71 mg/l. Hasil penelitian proses karbonisasi tempurung kemiri dengan suhu $\pm 400^{\circ}\text{C}$ menggunakan aktivator H_2SO_4 dengan konsentrasi aktivator 1,3,5,7,9% dan waktu perendaman 8,12,16,20,24 jam diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 1. Pengaruh Waktu Perendaman (jam) dan Konsentrasi Aktivator Terhadap Penyisihan Fe (%) dengan Karbon Aktif Tempurung Kemiri

Waktu (jam)	KonsentrasiAktivator H2SO4 (%)				
	1	3	5	7	9
8	55,37%	60,81%	64,09%	65,70%	67,29%
12	61,71%	68,43%	70,10%	71,86%	73,77%
16	67,27%	72,26%	75,86%	78,89%	79,73%
20	74,18%	76,37%	79,61%	84,98%	86,75%
24	78,86%	81,61%	82,57%	86,69%	91,38%

Berdasarkan tabel diatas dapat dibentuk grafik penyisihan Fe berdasarkan waktu perendaman (jam) dan konsentrasi aktivator (%) seperti berikut:



Grafik 1. Hubungan Antara Waktu Perendaman (jam) dengan Penyisihan Nilai Fe (%) pada Berbagai Konsentrasi Aktivator

Dari grafik diatas dapat dilihat persentase penyisihan logam berat Fe menggunakan karbon aktif tempurung kemiri sangat signifikan karena mampu menghilangkan lebih dari 80% kandungan Fe dalam air sumur. Ini menunjukkan makin banyak konsentrasi aktivator dan waktu perendaman makin lama impurities karbon aktif semakin berkurang yang ditandai dengan menurunnya konsentrasi akhir larutan Fe. Konsentrasi aktivator sebesar 1% hasilnya belum memenuhi standar baku mutu yang ada terhadap penurunan Fe disebabkan karena pori-pori dari adsorben belum berkembang dengan baik, sehingga belum mampu menyerap secara maksimal. Sedangkan pada konsentrasi 9% dengan waktu perendaman 24 jam prosentase penyisihan Fe meningkat sebesar 91,38%. Ini membuktikan bahwa tinggi prosentase aktivator dan waktu perendaman yang lama maka ruang untuk penjeraban ion logam semakin besar/banyak. Penelitian-penelitian terdahulu menjelaskan bahwa semakin meningkatnya konsentrasi aktivator yang digunakan maka area permukaan pori akan menjadi lebih besar sehingga lebih optimum melakukan penyerapan pada proses adsorpsi.

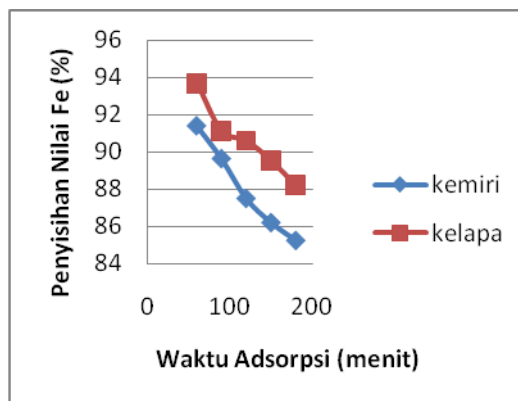
Perbandingan Tempurung Kemiri dan Tempurung Kelapa Dalam Penyisihan Logam Fe

Secara keseluruhan, kemampuan adsorpsi terbaik ditunjukkan pada kondisi konsentrasi aktivator 9% dan waktu perendaman 24 jam. Grafik 2 menampilkan perbandingan hasil akhir penyisihan logam Fe pada air sumur untuk karbon aktif tempurung kemiri dan karbon aktif tempurung kelapa.

Tabel 2. Perbandingan Karbon Aktif Tempurung Kemiri dan Karbon Aktif Tempurung Kelapa Dalam Penyisihan Fe(%)

Waktu Adsorpsi (menit)	Prosentase Adsorpsi	
	Tempurung Kemiri	Tempurung Kelapa
60	91,38%	93,71%
90	89,61%	91,12%
120	87,49%	90,60%
150	86,20%	89,54%
180	85,24%	88,21%

Dari tabel tersebut dapat dibuat grafik berdasarkan waktu adsorpsi dalam penyisihan logam Fe (%) Dari grafik 2 didapat hasil terbaik karbon aktif tempurung kemiri dalam penurunan logam Fe yaitu sebesar 0,5791 mg/l dan karbon aktif tempurung kelapa yaitu 0,4226 mg/l. Penurunan logam Fe menunjukkan peningkatan prosentase adsorpsi yang berarti juga peningkatan kapasitas adsorben dari arang aktif tempurung kemiri dan karbon aktif tempurung kelapa.



Grafik.2 Grafik Perbandingan Karbon Aktif Tempurung Kemiri dan Tempurung Kelapa dalam Penurunan Logam Fe (%)

Prosentase adsorpsi dengan waktu kontak 60 menit telah memperoleh kadar Fe pada sampel yang telah memenuhi standar baku mutu air sehingga untuk waktu kontak berikutnya kurang efektif karena standar baku mutu air telah terpenuhi dengan waktu kontak yang lebih cepat (60 menit) dengan hasil pada karbon aktif tempurung kemiri dan karbon aktif tempurung kelapa adalah 91,38% dan 93,71%. Itu dapat dilihat pada tabel.2.

Secara umum, kemampuan adsorpsi karbon aktif tempurung kemiri tidak jauh lebih baik dibandingkan tempurung kelapa dalam menurunkan kadar ion Fe pada air sumur. Konsentrasi akhir larutan yang lebih rendah serta % adsorpsi yang lebih kecil menunjukkan hal tersebut.

Dalam suatu proses adsorpsi ternyata lamanya waktu kontak juga dapat mempengaruhi turunnya konsentrasi ion logam yang terdapat pada air sumur. Waktu kontak adalah salah satu variabel yang mempengaruhi proses penyerapan, dimana waktu kontak merupakan lamanya kontak antara adsorben (karbon aktif) dengan adsorbat (ion Fe). Semakin lama waktu pengadukan maka semakin besar prosentase penurunan konsentrasi ion logam berat. Namun

meningkatnya waktu pengadukan juga dapat membuat penurunan konsentrasi ion logam berat tidak signifikan lagi. Ini dapat terjadi karena jenuhnya adsorben sehingga tidak dapat menyerap ion logam lebih banyak lagi.

Keunggulan dari karbon aktif yang terbuat dari tempurung kemiri yakni proses operasi maupun konstruksinya sederhana dan tidak memerlukan biaya yang besar serta memanfaatkan limbah yang terbuang menjadi barang yang bernilai ekonomi. Yang membedakan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya yaitu terletak pada tahap prosesnya. Penelitian sebelumnya menggunakan sistem *continue* dengan prinsip oksidasi partial (Turmuzi, 2005), sedangkan penelitian ini menggunakan sistem batch.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan serta merujuk pada hasil dan pembahasan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Proses adsorpsi terbaik menggunakan tempurung kemiri dengan konsentrasi aktivator 9% dengan waktu perendaman 24 jam mampu menyisihkan logam Fe sebesar 91,38%.
2. Konsentrasi aktivator yang lebih besar serta waktu perendaman yang lebih lama menyebabkan terjadinya peningkatan penyerapan logam Fe.
3. Tempurung kelapa menunjukkan kemampuan adsorpsi yang lebih baik dengan %-adsorpsi 93,71% dibandingkan dengan tempurung kelapa yang hanya 91,38%. Namun tempurung kemiri sudah dapat dikatakan sebagai karbon aktif yang cukup baik.

Saran

Melihat hasil penelitian ini yang masih jauh dari sempurna maka dapat ditarik saran sebagai berikut:

1. Penelitian ini pada proses karbonisasi dilakukan dalam suhu 400°C, jadi untuk mendapatkan kemampuan yang lebih baik perlu dilakukan suhu karbonisasi yang lebih tinggi.
2. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan menggunakan parameter pencemar lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2002. Statistik Pertanian Buah Kemiri 2002. Badan Pusat Statistik Indonesia
- Anonim 2012. *Buah Kemiri*. <http://buahkemiri.com/>
- Atjung, 1981, *Tanaman yang Menghasilkan Tepung dan Minyak, Tepung dan Gula*, Yasaguna, hal.24-25, Jakarta
- Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI, 1981, *Daftar I (Komposisi Bahan Makanan*, Bhratara Karya Aksara, Jakarta
- Gomez Serrano, V., Pator-Villegas, J., Perez-Florindo, A, Duran-Valle, C. & Valenzuela-Calahorra, C. (1996, FT-IR Study of Rockrose and of Char and Activated Carbon. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. 3: 71-80
- Hendra, Djeni dan Saptadi Darmawan, 2008, *Sifat Arang Aktif Dari Tempurung Kemiri*
- Sembiring, M. T. Sinaga, T. S. 2003, "Arang Aktif (Pengenal dan Proses)".
- Suhadak, Akhmad. 2005. Sifat arang aktif dari tempurung kemiri. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* 25(4): 291-302.
- Sudirjo, M, 2006, "Pembuatan Karbon Aktif Dari Kulit Kacang Tanah

(Arachis Hypogaeae) dengan Aktivator Asam Sulfat”, Laporan Tugas Akhir, Universitas Diponegoro, Semarang.

Turmuzi, Muhammad, 2005, *Pengembangan pori Arang Hasil Pirolisa Tempurung Kemiri*, Staf Pengajar Fakultas teknik USU, Medan.